

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開2000-180228

(P2000-180228A)

(43) 公開日 平成12年6月30日 (2000.6.30)

(51) Int.Cl.⁷

G 0 1 F 1/66

識別記号

1 0 1

F I

G 0 1 F 1/66

テームコード (参考)

1 0 1 2 F 0 3 5

審査請求 未請求 請求項の数 3 O L (全 7 頁)

(21) 出願番号 特願平10-359753

(22) 出願日 平成10年12月17日 (1998.12.17)

(71) 出願人 595153365

株式会社泉技研

神奈川県横浜市金沢区福浦1丁目1番地の1

(72) 発明者 小谷野 清

神奈川県横浜市金沢区福浦1丁目1番地の1 株式会社泉技研内

(72) 発明者 薄井 良子

神奈川県横浜市金沢区福浦1丁目1番地の1 株式会社泉技研内

(74) 代理人 100067356

弁理士 下田 容一郎

最終頁に続く

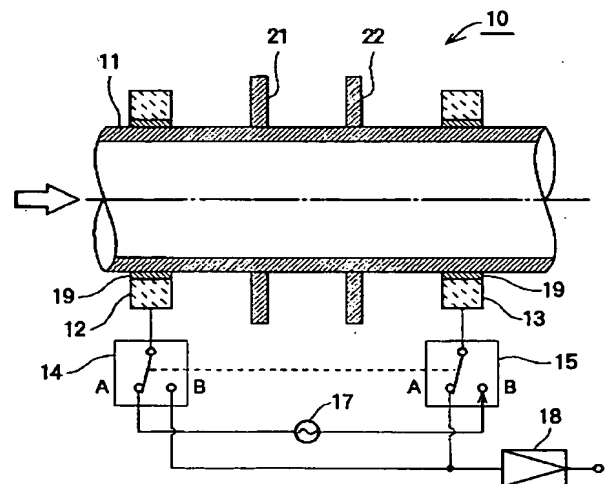
(54) 【発明の名称】 超音波流量計

(57) 【要約】

【課題】 測定管自体を伝搬する振動波の影響を除くことのできる超音波流量計を提供する。

【解決手段】 超音波式流量計10は、測定管11と、この測定管11に一定の距離をおいて配置した第1振動子12及び第2振動子13と、第1振動子12に第1スイッチ14及び第2振動子13に第2スイッチ15を介して結合した電源17及び増幅器18と、測定管11に取付けた音響フィルタとしてのフランジ21、22とからなる。

【効果】 音響フィルタで測定管を伝搬する振動波を有効にカットするので、この振動波が流体の流量計測に及ぼす影響はごく小さなものとなり、流量計測の精度を大いに高めることができる。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 計測すべき流体を流し、この流体の流れを妨げる障害物を管内に有していない金属製若しくは金属並みの超音波伝搬性能を有する材料で構成した測定管と、この測定管の外周面に取付けた第1振動子と、この第1振動子から流体の流れに沿って所定の距離を置いて前記測定管の外周面に取付けた第2振動子と、前記測定管を伝搬する振動波の高域波をカットするために前記測定管に取付けた音響フィルタと、からなり、上流側の振動子から発した超音波が下流側の振動子に達するまでの時間と下流側の振動子から発した超音波が上流側の振動子に達するまでの時間との時間差に基づいて流体の流量を計測することを特徴とする超音波流量計。

【請求項2】 前記音響フィルタは、フランジであることを特徴とした請求項1記載の超音波流量計。

【請求項3】 計測すべき流体を流し、この流体の流れを妨げる障害物を管内に有していない樹脂製測定管と、この測定管の外周面に取付けた第1振動子と、この第1振動子から流体の流れに沿って所定の距離を置いて前記測定管の外周面に取付けた第2振動子と、からなり、上流側の振動子から発した超音波が下流側の振動子に達するまでの時間と下流側の振動子から発した超音波が上流側の振動子に達するまでの時間との時間差に基づいて流体の流量を計測することを特徴とする超音波流量計。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は小径配管に好適な超音波流量計に関する。

【0002】

【従来の技術】配管内を流れる流体（気体又は液体）の流量を計測する技術には、オリフィスやノズルを筆頭に各種のものが、近年は超音波を利用した超音波流量計も普及しつつある。

【0003】図7は超音波流量計の原理図であり、測定管101に一定の距離Lを置いて第1振動子102と第2振動子103を取付け、一方の振動子102又は103から超音波を発信し、他方の振動子103又は102で受信させたときに第1振動子102から第2振動子103に超音波が到達するための時間 t_1 と、第2振動子103から第1振動子102に超音波が到達するための時間 t_2 との間に、差が生じる。流体における音速を c 、流体の速度を v とすれば次の計算式が成り立つ。

【0004】

【数1】

$$t_1 = \frac{L}{c+v} \dots\dots\dots ①$$

$$t_2 = \frac{L}{c-v} \dots\dots\dots ②$$

$$\frac{1}{t_1} - \frac{1}{t_2} = \frac{2v}{L} \dots\dots\dots ③$$

$$v = \frac{L}{2} \left(\frac{1}{t_1} - \frac{1}{t_2} \right) \dots\dots\dots ④$$

【0005】即ち、①式の逆数から②式の逆数を差引くことで③式を導き出し、この③式を v について整理したものが④式である。この④式によれば、流体の流速 v は距離 L 、時間 t_1 及び時間 t_2 が定まれば求まる。この様にして求めた流速 v に測定管101の内断面積を乗すれば、流量が求まる。

【0006】上記原理に基づく発明に、例えば特開平10-122923号公報「超音波流量計」があり、この発明は同公報の図3に示されるとおり、測定管1（符号は公報記載のものを流用）にリング形状の超音波振動子2A、2Bを嵌め、管1との隙間にグリース3、3を充填して超音波振動子2A、2Bを測定管1に結合（音響的結合）させるという極めて簡単な構成のものである。測定管1の内部は平滑であって汚れや清掃を心配する必要が無く、測定管1の口径に合せて超音波振動子2A、2Bを小径にすることができると、測定管1の口径は小さくすることができるというものである。

【0007】

【発明が解決しようとする課題】図8は従来の超音波流量計の課題を示す図であり、測定管1に超音波振動子2A及び2Bを取付け、超音波振動子2A側を発信側、超音波振動子2Bを受信側としたときに、基本的には振動波は矢印①と通りに、測定管1内を流れる流体（媒質）を伝搬する。このときに測定管1自体も伝搬部材となり、矢印②の振動波が超音波振動子2Bへ伝搬する。

【0008】すると、矢印②の振動波がノイズとなって、流量計測に悪影響を及ぼすことがある。特に、矢印②の伝搬速度が矢印①の伝搬速度に近似すると影響は大きなものとなる。そこで、本発明の目的は、測定管自体を伝搬する振動波の影響を除くことのできる超音波流量計を提供することにある。

【0009】

【課題を解決するための手段】本発明者らは、測定管自体を伝搬する振動波の影響を除くために、測定管に振動波を減衰する機能を付加することを思い立ち、次の第1の手法と第2の手法を開発することに成功した。第1の手法は、測定管が振動波を良好に伝搬する金属製又は同等の材料で構成されている場合には、測定管に音響フィ

ルタを取付けて、振動波をカット若しくは低減する。第2の手法では、測定管自体を、振動波を減衰する材料で構成する。

【0010】具体的には、請求項1は、計測すべき流体を流し、この流体の流れを妨げる障害物を管内に有していない金属製若しくは金属並みの超音波伝搬性能を有する材料で構成した測定管と、この測定管の外周面に取付けた第1振動子と、この第1振動子から流体の流れに沿って所定の距離を置いて測定管の外周面に取付けた第2振動子と、測定管を伝搬する振動波の高域波をカットするために測定管に取付けた音響フィルタとで超音波流量計を構成する。

【0011】基本的には、上流側の振動子から発した超音波が下流側の振動子に達するまでの時間と下流側の振動子から発した超音波が上流側の振動子に達するまでの時間との時間差に基づいて流体の流量を計測する。このときに、音響フィルタで測定管を伝搬する振動波を有効にカットするので、この振動波が流体の流量計測に及ぼす影響はごく小さなものとなる。従って、請求項1によれば、流量計測の精度を大いに高めることができる。

【0012】請求項2では、音響フィルタは、フランジであることを特徴とする。音響フィルタを単純なフランジで構成したので、超音波流量計のコストアップを抑えることができる。

【0013】請求項3は、計測すべき流体を流し、この流体の流れを妨げる障害物を管内に有していない樹脂製測定管と、この測定管の外周面に取付けた第1振動子と、この第1振動子から流体の流れに沿って所定の距離を置いて測定管の外周面に取付けた第2振動子とで超音波流量計を構成する。請求項1と同様に基本的には、上流側の振動子から発した超音波が下流側の振動子に達するまでの時間と下流側の振動子から発した超音波が上流側の振動子に達するまでの時間との時間差に基づいて流体の流量を計測する。このときに、測定管を伝搬する振動波を測定管自体で減衰するので、この振動波が流体の流量計測に及ぼす影響はごく小さなものとなる。従って、請求項3によれば、流量計測の精度を大いに高めることができる。

【0014】

【発明の実施の形態】本発明の実施の形態を添付図に基づいて以下に説明する。図1は本発明に係る超音波式流量計（第1実施例）の原理図であり、超音波式流量計10は、測定管11と、この測定管11に一定の距離 l において配置した第1振動子12及び第2振動子13と、第1振動子12に第1スイッチ14及び第2振動子13に第2スイッチ15を介して結合した電源17及び増幅器18と、測定管11に取付けた音響フィルタとしてのフランジ21、22とからなる。図中、白抜き矢印は流体の流れ方向を示す。以下同様。

【0015】なお、第1振動子12及び第2振動子13

は音響結合材19、19を介して測定管11に密に取付ける。音響結合材19は振動子12、13が振動を受ける等して測定管11の軸方向へずれることを妨げる程度に結合し、且つ振動を良好に伝達する材料であり、エポキシ樹脂やグリースが好適である。

【0016】第1・第2スイッチ14、15を図の様にA側に切換えることにより、第1振動子12を発振器、第2振動子13を受振器として、順流れの伝搬時間を計測し、また、第1・第2スイッチ14、15を図とは逆にB側に切換えることにより、第1振動子12を受振器、第2振動子13を発振器として、逆流の伝搬時間を計測することができる。

【0017】このときに、音響フィルタとしてのフランジ21、22は、測定管11自身を伝搬する振動波、特に高域波をカットする作用を発揮する。その原理を次に説明する。図2(a)～(c)は本発明に係る音響フィルタの音響モデル図である。(a)は前記図1を略図化したものであり、音響フィルタとしてのフランジ21、22の厚さを $L1$ 、音響フィルタ21、22の内径を $L2$ 、測定管11の内径を d 、外径を D と定める。

(b)は測定管11の断面図であり、内径が d で外径が D であるため、測定管11における有効断面積 $a2$ は $(\pi/4) \times D^2 - (\pi/4) \times d^2$ となる。

【0018】(c)は角フランジ21、22の断面図であり、角フランジ21、22は $W \times W$ の角フランジであり、そこに径 D の孔が開いているため、フランジ21、22における有効断面積 $a1$ は $W^2 - ((\pi/4) \times D^2)$ となる。上記モデルを超音波の伝搬路と考えれば低域通過形フィルタ、すなわち高域カット形フィルタとなり、このときの遮断角周波数(cutoff frequency) $\omega 2$ は次の通りである。

【0019】

【数2】

$$\omega 2 = \sqrt{\frac{2s}{m}} \quad \dots \dots \dots \textcircled{5}$$

s : スティフネス

$$s = \frac{(a1 + a2)^2 \cdot \rho \cdot c^2}{(a1 + a2) \cdot L1} \quad \dots \dots \dots \textcircled{6}$$

ρ : 媒質の密度

m : 質量

$$m = \left(\frac{a1 + a2}{a2} \right)^2 \cdot a2 \cdot L2 \cdot \rho \quad \dots \dots \dots \textcircled{7}$$

$$\omega 2 = \sqrt{2 \cdot \frac{c^2}{L1 \cdot L2} \cdot \left(\frac{a2}{a1 + a2} \right)} \quad \dots \dots \dots \textcircled{8}$$

$$f2 = \frac{\omega 2}{2\pi} \quad \dots \dots \dots \textcircled{9}$$

【0020】すなわち、 ω はスティフネス s と質量 m との関数からなる式⑤となり、スティフネス s は式⑥、質量 m は式⑦となるから、これらを式⑤に代入して、整理することにより式⑧が求まり、また、周波数 f は式⑨で求まるから、 c 、 L_1 、 L_2 、 a_1 及び a_2 から f を求めることができる。

【0021】図3は本発明に係る超音波式流量計（第2実施例）の原理図であり、音響フィルタとしてのダンパ24を測定管11に付設したものであり、例えば第1振動子12で発生した超音波のうち、測定管11自体を伝搬する振動波はダンパ24に吸収されるため、振動波のかなりの部分をカットすることができる。従って、本発明の音響フィルタは図1でのフランジ21、22、図3でのダンパ24又は同等の性能を発揮するものであればよく、構造を限るものではない。

【0022】図4は本発明に係る超音波式流量計（第3実施例）の原理図であり、測定管11の中央に第1振動子12を取付け、この第1振動子12から下流側及び上流側に各々第2振動子13A、13Bを取付け、前記第1振動子12に電源17を繋ぎ、第2振動子13A、13Bの各々に増幅器18A、18Bを取付け、且つ第1振動子12と第2振動子13A、13Bとの間において測定管11に音響フィルタとしてのフランジ21、22を取付けたものである。第1振動子12から発生した超音波は下流側の第2振動子13Aに到達するに要する時間は短くなり、上流側の第2振動子13Bに到達するに要する時間は長くなるから、これらの時間差によって流体の流速を求めることができる。振動子12、13A、13Bは合計3個必要であるが、スイッチは不要である。そして、音響フィルタとしてのフランジ21、22が測定管11自体を伝搬する振動波を減衰するので、計測精度が高まる。

【0023】また、測定管11はステンレス管、炭素鋼管又はガラス管であれば、超音波伝搬性能が高いため、上述の音響フィルタが必要となる。しかし、測定管11を四ふっ化エチレンなどの樹脂管とすれば、樹脂は金属に比べて格段に振動波の減衰性能が高いため、樹脂自体で振動波を減衰することが可能となる。この結果、フランジ等の付設物をつける必要が無く、超音波流量計の構成が簡単になり、外観性も高まる。

【0024】

【実施例】本発明に係る実験例を次に説明する。ただし、本発明はこの実験例に限定するものではない。実験モデルは、基本的に図2に示すものであり、各数値は次の通りである。

$d = 2.8 \text{ cm}$

$D = 3.2 \text{ cm}$

$L_1 = 1.5 \text{ cm}$

$L_2 = 1.5 \text{ cm}$

$W = 7 \text{ cm}$

この数値から、断面積 a_1 は 41 cm^2 、断面積 a_2 は 1.9 cm^2 になる。

【0025】計測管の材質は、ステンレス鋼であり、伝搬速度（音速） c は、約 $5.3 \times 10^5 \text{ (cm/s)}$ である。なお、計測すべき流体（媒質）は水であり、1気圧、 0°C における水の伝搬速度（音速） c は、約 $1.4 \times 10^5 \text{ (cm/s)}$ である。

【0026】 $a_1 = 41 \text{ (cm}^2\text{)}$ 、 $a_2 = 1.9 \text{ (cm}^2\text{)}$ 、 $L_1 = 1.5 \text{ (cm)}$ 、 $L_2 = 1.5 \text{ (cm)}$ 、 $c = 5.3 \times 10^5 \text{ (cm/s)}$ を、前記式⑧に代入し、得られた値から前記式⑨にて、周波数 f を計算すると、約 17 kHz になった。この周波数より高域超音波はカットされる見通しである。

【0027】図5(a)～(c)は音響フィルタの効果を示す比較実験グラフであり、測定対象（媒質）を流さずにドライの状態では、音響フィルタ無し測定管の第1振動子を振動させたときの受信波形を(b)に示し、音響フィルタ付き測定管の第1振動子を振動させたときの受信波形を(c)に示した。(a)はそれらの前提となる送信波形図であり、前記周波数 f が約 17 kHz であることを考慮して、本図における搬送周波数を約10倍の 170 kHz とした。(b)から振幅が極めて大きいことが分かる。一方、(c)では振幅がごく小さいことが分かる。(c)は、測定管に音響フィルタを付けたことにより振幅が大幅に低減できたことを示す。

【0028】図6(a)、(b)は本発明の超音波流量計で計測した時間差を示すグラフである。(a)は図5(a)と同じ送信波形図であり、搬送周波数は 170 kHz である。(b)は音響フィルタ付き測定管に水を通し、第1振動子を振動させたときの受信波形図であり、図中 t_1 が求める測定時間である。この(b)は前記図5(c)の測定管に水を通したものであるから、得られた波形は大部分が水を伝搬した超音波によるものと考えられる。従って、測定時間 t_1 の信頼性は極めて高い。

【0029】一方、前記図5(b)び音響フィルタ無し測定管に水を通したとすれば、図5(b)の波に図6(b)の波が重なった若しくは合成した波が受信波となる見込みである。とすれば、受信波は測定管自体を伝搬する波と、水を伝搬する波との合成波となり、受信波が真に水の速度を測っているとは言えないことになる。このように、本発明の音響フィルタは著しい効果を発揮するものである。

【0030】

【発明の効果】本発明は上記構成により次の効果を発揮する。請求項1は、測定管の外に第1、第2振動子を置くことで、測定管内に障害物を置かぬようにしたものである。測定管の内部に障害物があると、障害物にものが堆積する虞れがあり、清掃も面倒である。この点、請求項1では測定管内に障害物が無いので異物が測定管内に堆積し難くなり、仮に清掃するとしてもその作業はごく

簡単に済ませることができる。加えて、測定管に音響フィルタを取付けることで、測定管を伝搬する振動波を減衰するようにしたので、測定対象物である流体に係る振動波を主として受信することができ、この結果、流体の流量の計測精度を高めることができる。

【0031】請求項2では、音響フィルタは、フランジであることを特徴とする。音響フィルタを単純なフランジで構成したので、超音波流量計のコストアップを抑えることができる。

【0032】請求項3も、測定管の外に第1、第2振動子を置くことで、測定管内に障害物を置かぬようにしたものである。測定管の内部に障害物があると、障害物にものが堆積する虞れがあり、清掃も面倒である。この点、請求項1では測定管内に障害物が無いので異物が測定管内に堆積し難くなり、仮に清掃するとしてもその作業はごく簡単に済ませることができる。請求項3では測定管に音響フィルタを取付ける必要はなく、単に測定管の材質を吟味するだけで済む。従って、超音波流量計が複雑になることを阻止することができる。その上で、測定管を伝搬する振動波を減衰するようにしたので、測定対象物である流体に係る振動波を主として受信すること

ができ、この結果、流体の流量の計測精度を高めることができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明に係る超音波式流量計（第1実施例）の原理図

【図2】本発明に係る音響フィルタの音響モデル図

【図3】本発明に係る超音波式流量計（第2実施例）の原理図

【図4】本発明に係る超音波式流量計（第3実施例）の原理図

【図5】音響フィルタの効果を示す比較実験グラフ

【図6】本発明の超音波流量計で計測した時間差を示すグラフ

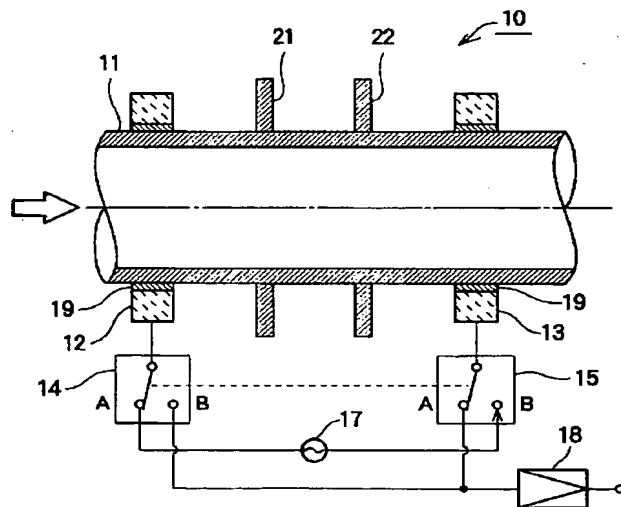
【図7】超音波流量計の原理図

【図8】従来の超音波流量計の課題を示す図

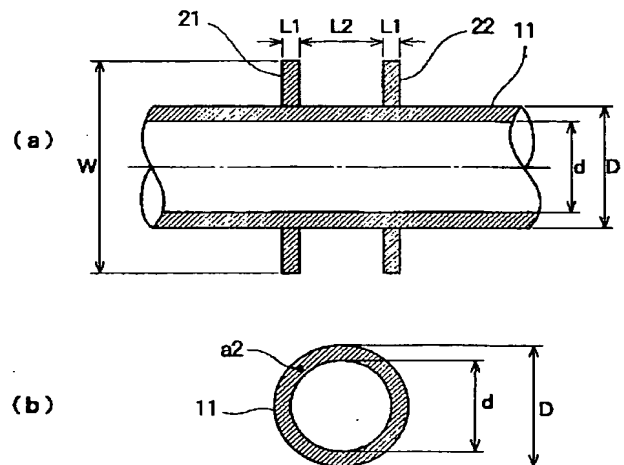
【符号の説明】

10…超音波流量計、11…測定管、12…第1測定子、13、13A、13B…第2測定子、19…音響結合材、21、22…音響フィルタ（フランジ）、24…音響フィルタ（ダンパ）。

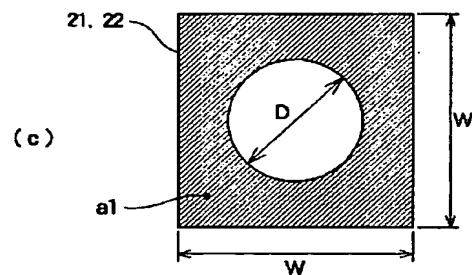
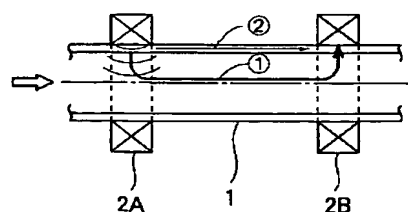
【図1】



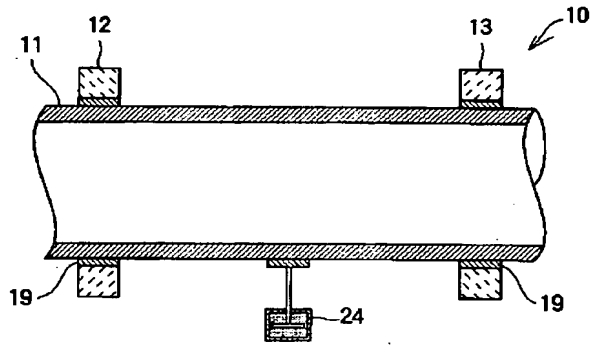
【図2】



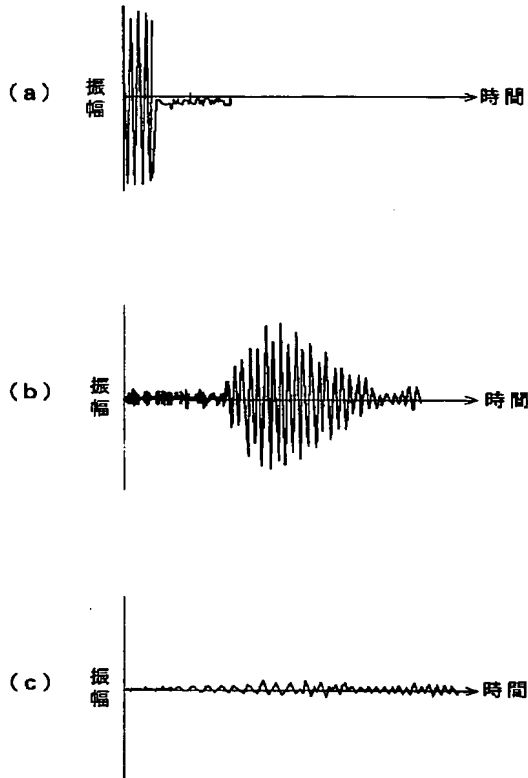
【図8】



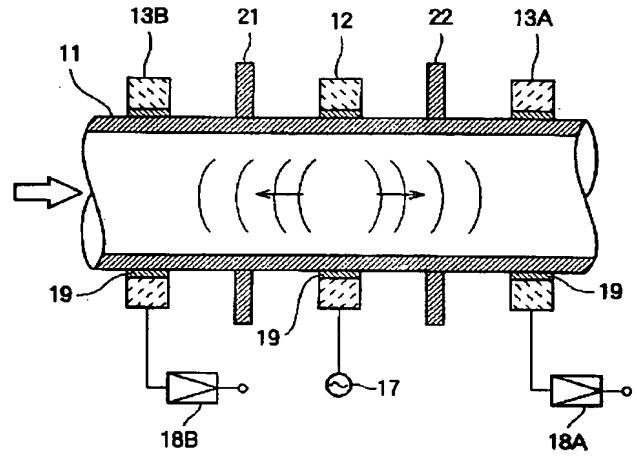
【図3】



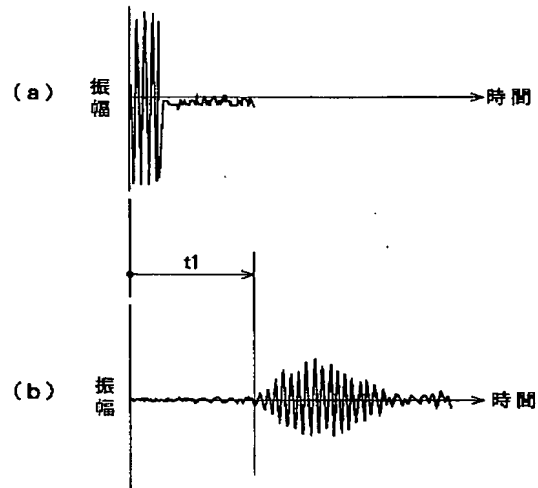
【図5】



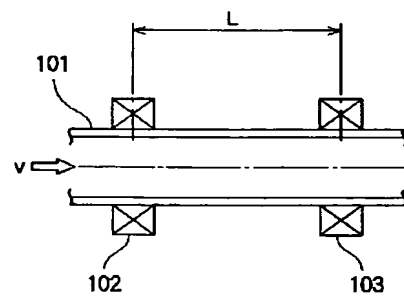
【図4】



【図6】



【図7】



フロントページの続き

(72)発明者 潘 海濤

Fターム(参考) 2F035 DA19

神奈川県横浜市金沢区福浦1丁目1番地の

1 株式会社泉技研内